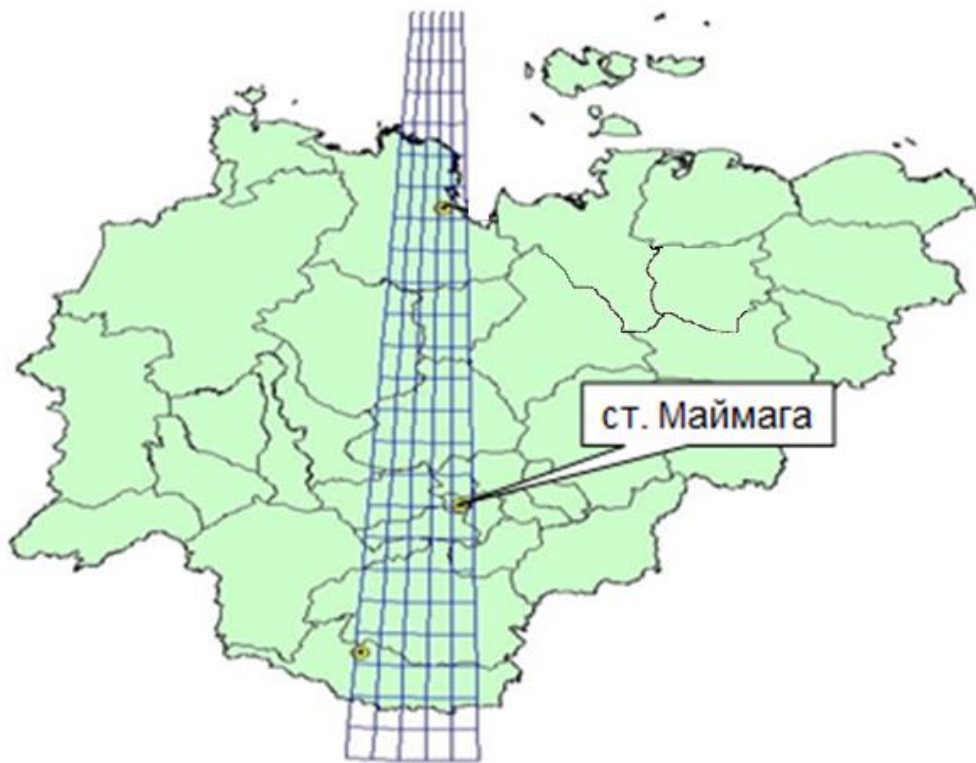


# Сопоставление вариаций внутренних гравитационных волн (ВГВ) в области мезопаузы по измерениям на станции Маймага с температурными данными EOS MLS (Aura)

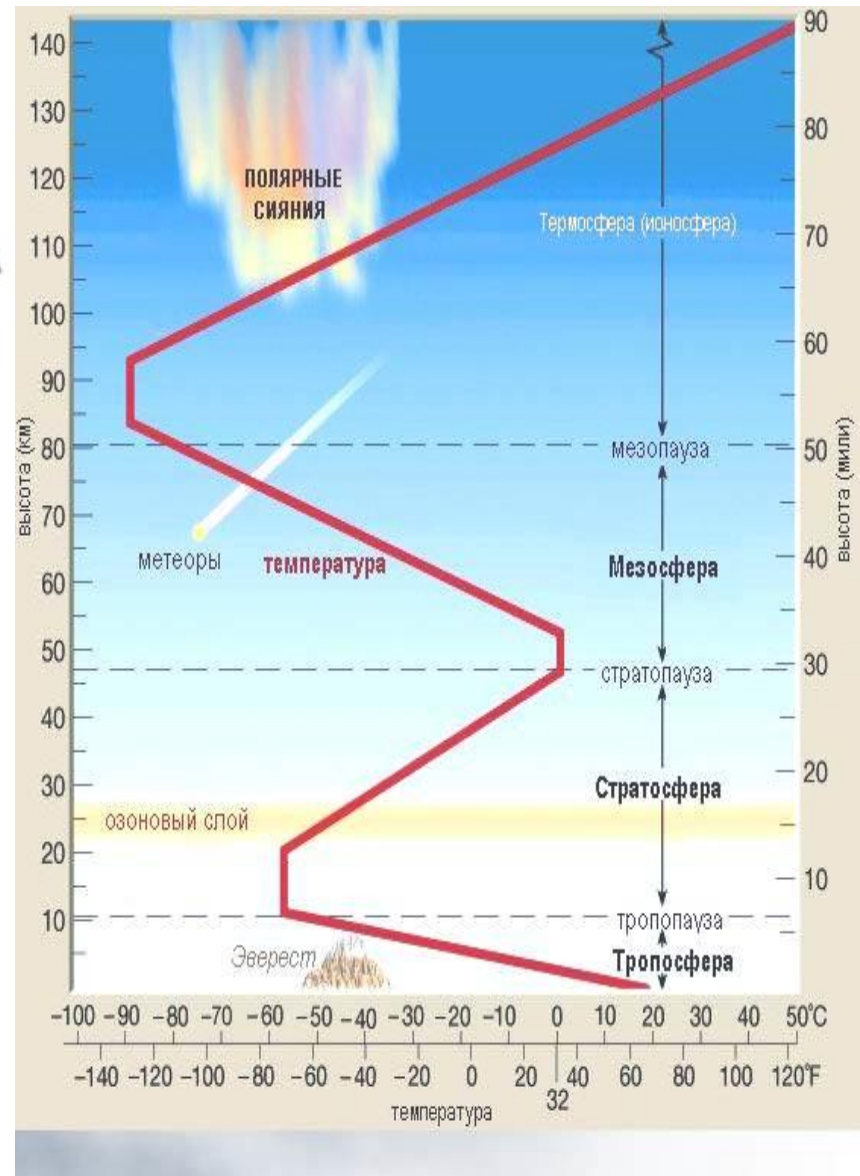
Докладчик: Сивцева В.И.

Руководитель: Аммосов П.П.

Институт космических исследований и аэронавтики  
им. Ю. Г. Шафера СО РАН



Маймага (63.04° N, 129.51° E)




## Метод обработки данных

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}$$

Стандартное отклонение температуры от ее средненочного значения принято в качестве характеристики ночной волновой активности

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{td}^2 + \sigma_{gw}^2 + \sigma_{noise}^2}$$



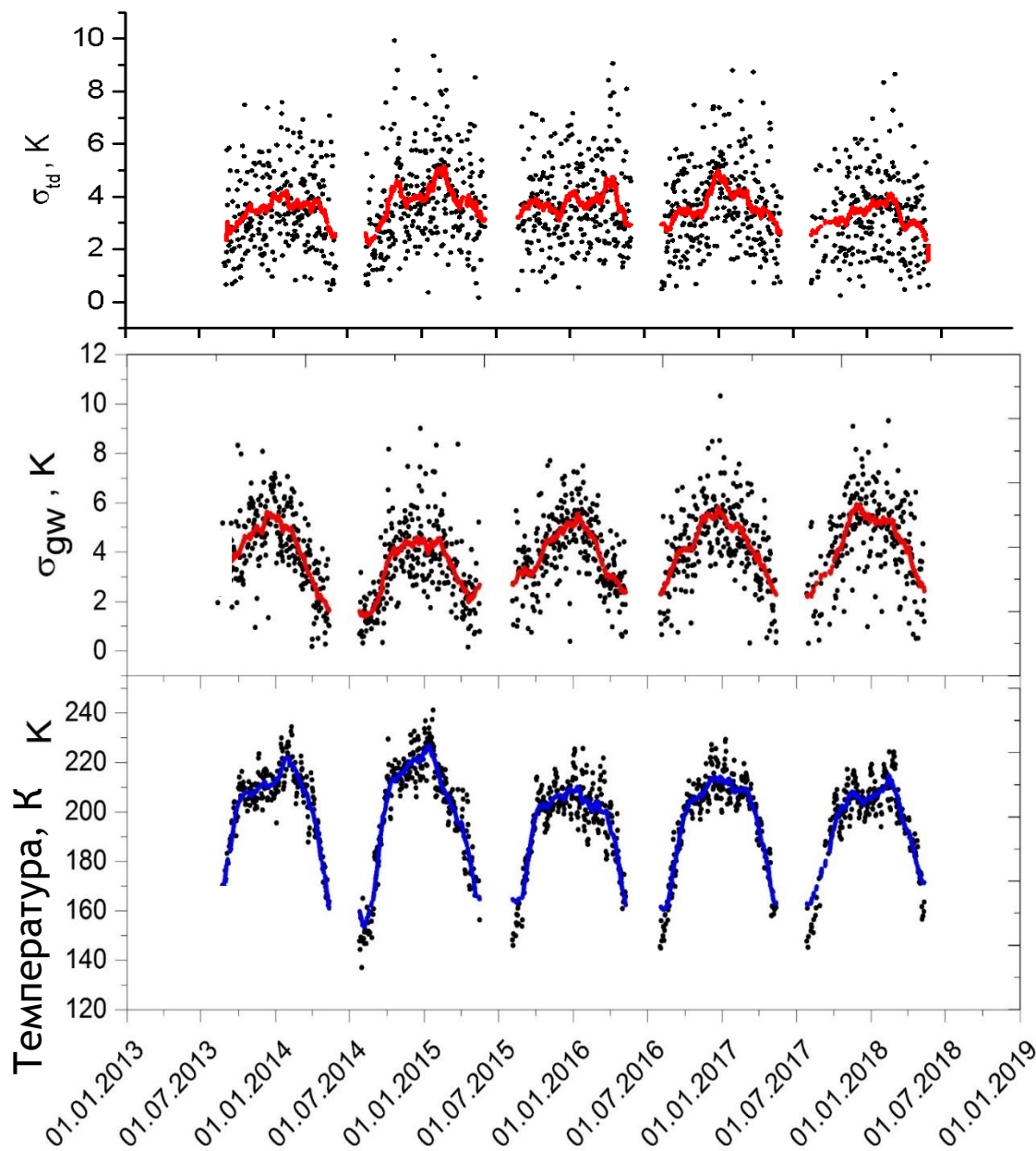
$\sigma_{td}$  - стандартные отклонения температуры обусловленные приливными волнами,

$\sigma_{gw}$  - внутренними гравитационными волнами,

$\sigma_{noise}$  - шумом темнового тока детектора (была рассчитана как средняя арифметическая ошибок каждого отдельного измерения за ночь)

Сумма гармоник суточного прилива:

$$f_{td} = \bar{T} + A_1 \cos\left(\frac{2\pi}{1440}(t - \varphi_1)\right) + A_2 \cos\left(\frac{2\pi}{720}(t - \varphi_2)\right) + A_3 \cos\left(\frac{2\pi}{480}(t - \varphi_3)\right)$$

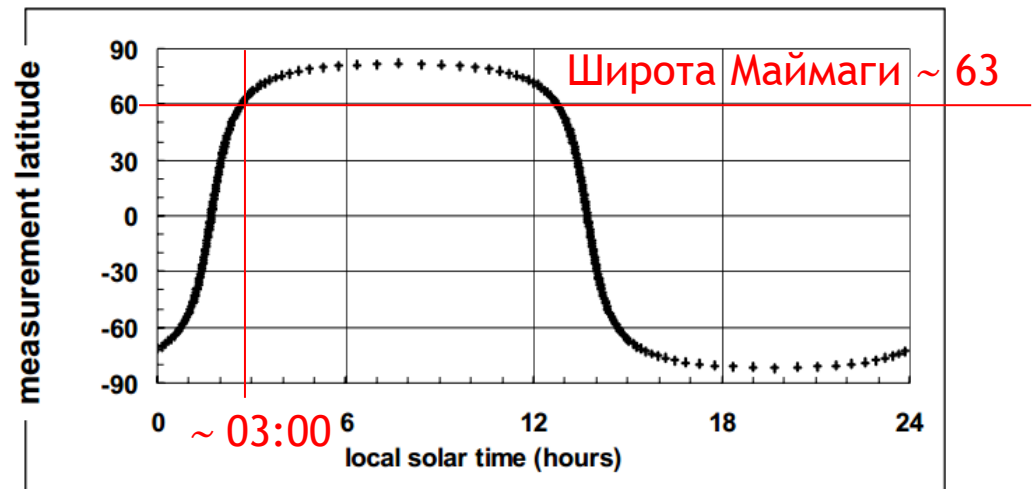


Приливные волны

ВГВ

Средненочная температура

# EOS MLS (The Earth Observing System Microwave Limb Sounder ) на спутнике Aura



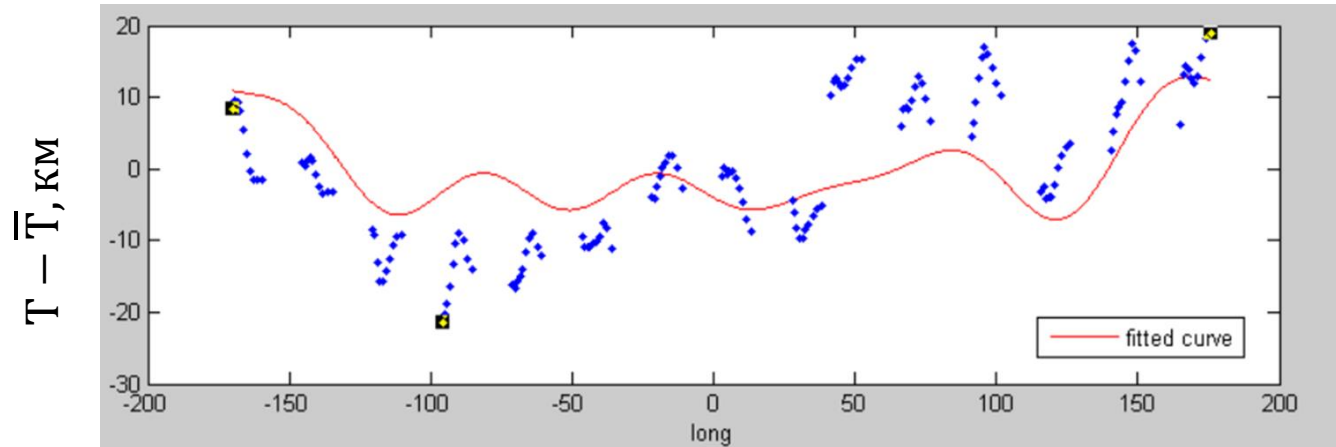
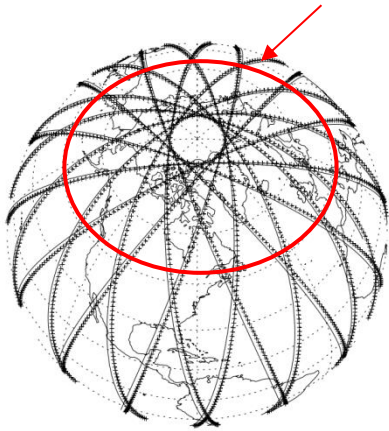
Орбита Ауры является солнечно-синхронной.



наблюдения MLS на данной широте на восходящей или нисходящей сторонах орбиты имеют примерно одинаковое местное солнечное время (с точностью до нескольких минут) на протяжении всей миссии

# Метод обработки данных

Широта Маймаги ~ 63



$$T = \bar{T} + T_{pl} + T_{gw}$$

Волны Россби - зональные волновые числа 1-6

$$f_{pl} = \bar{T} + A_1 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_1}(x - \varphi_1)\right) + \dots + A_6 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_6}(x - \varphi_6)\right)$$

55 слоев (высот) - 55 раз повторить расчет ГВ, для каждого слоя

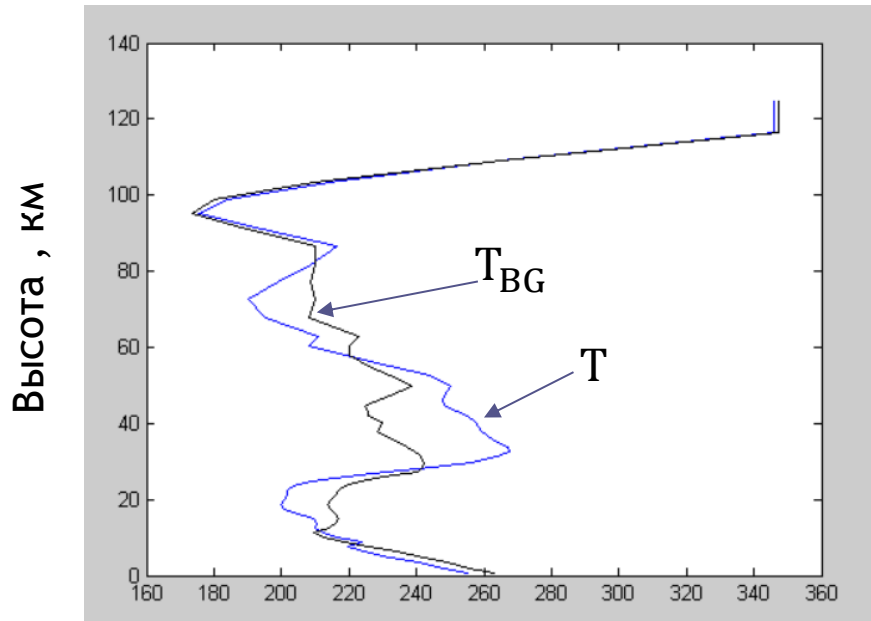
## Метод обработки данных

55 слоев (высот) - 55 раз повторить расчет ГВ, для каждого слоя

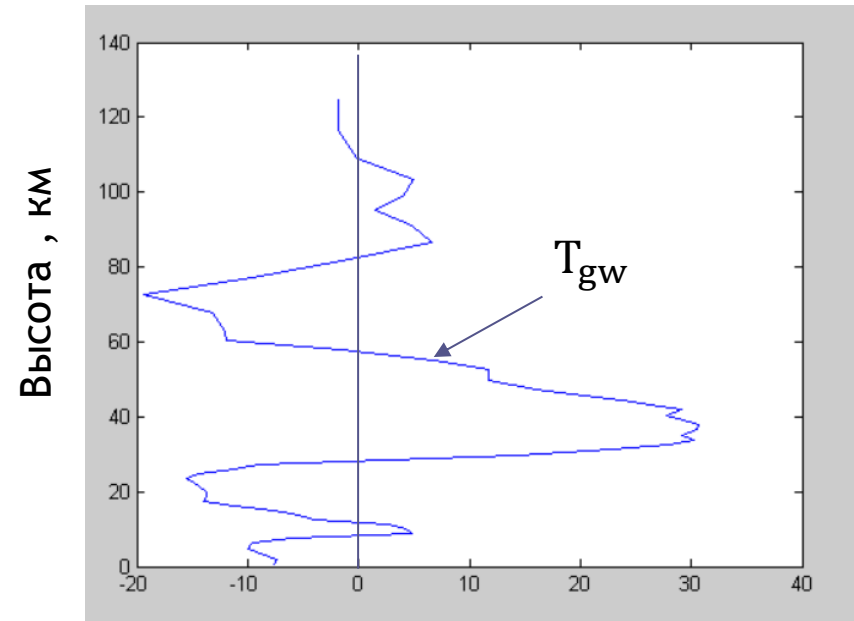


Можно построить вертикальный профиль

$$T_{BG} = T - T_{gw}$$

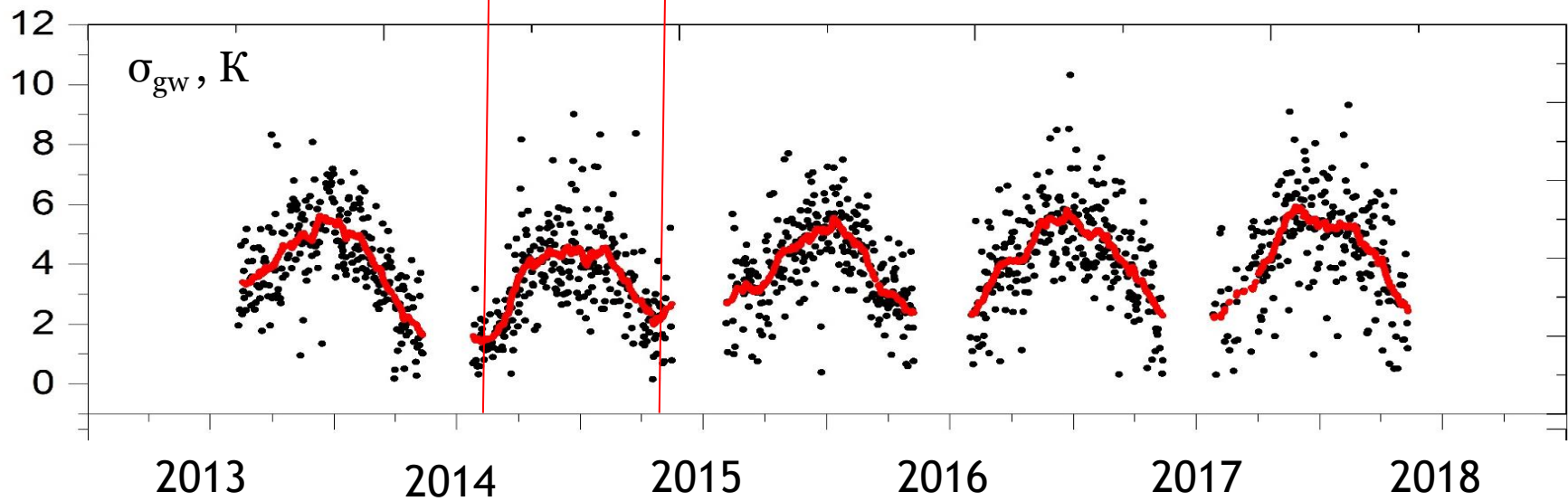
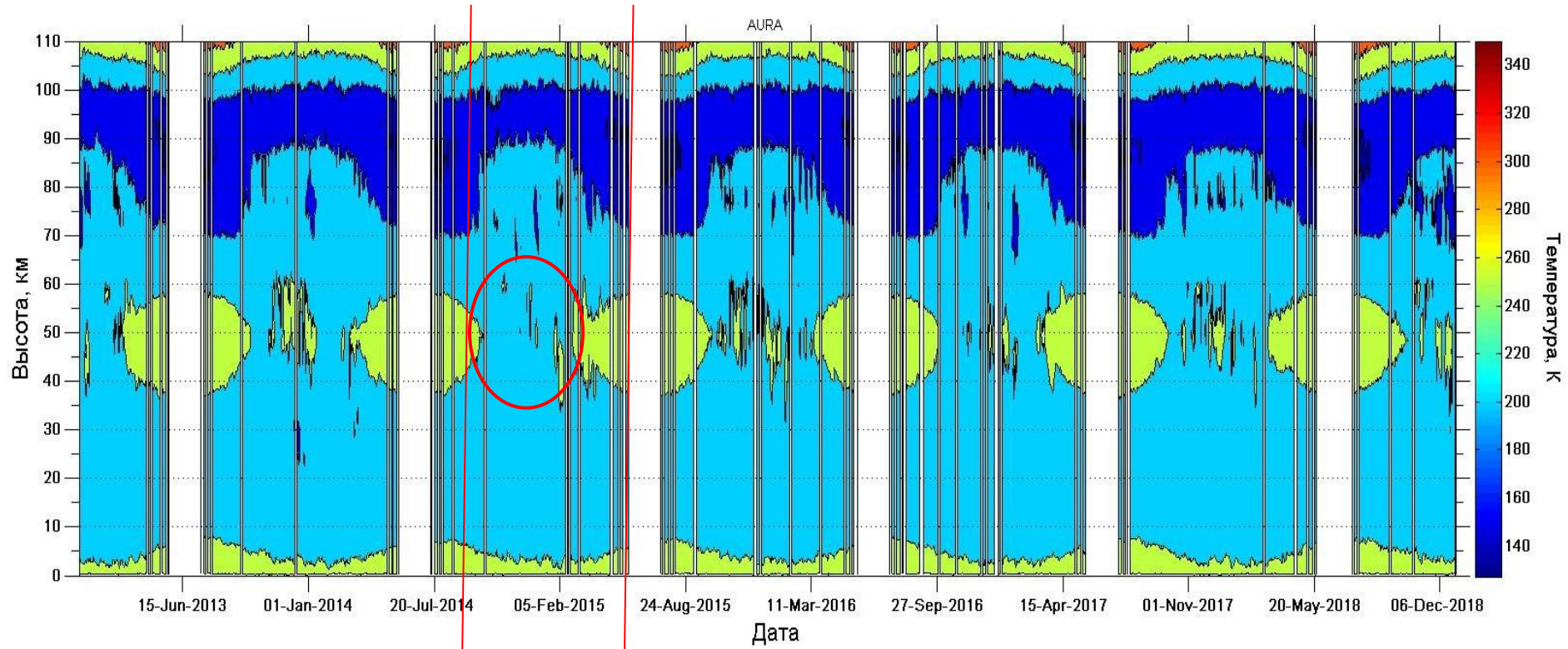


Температурный профиль, К

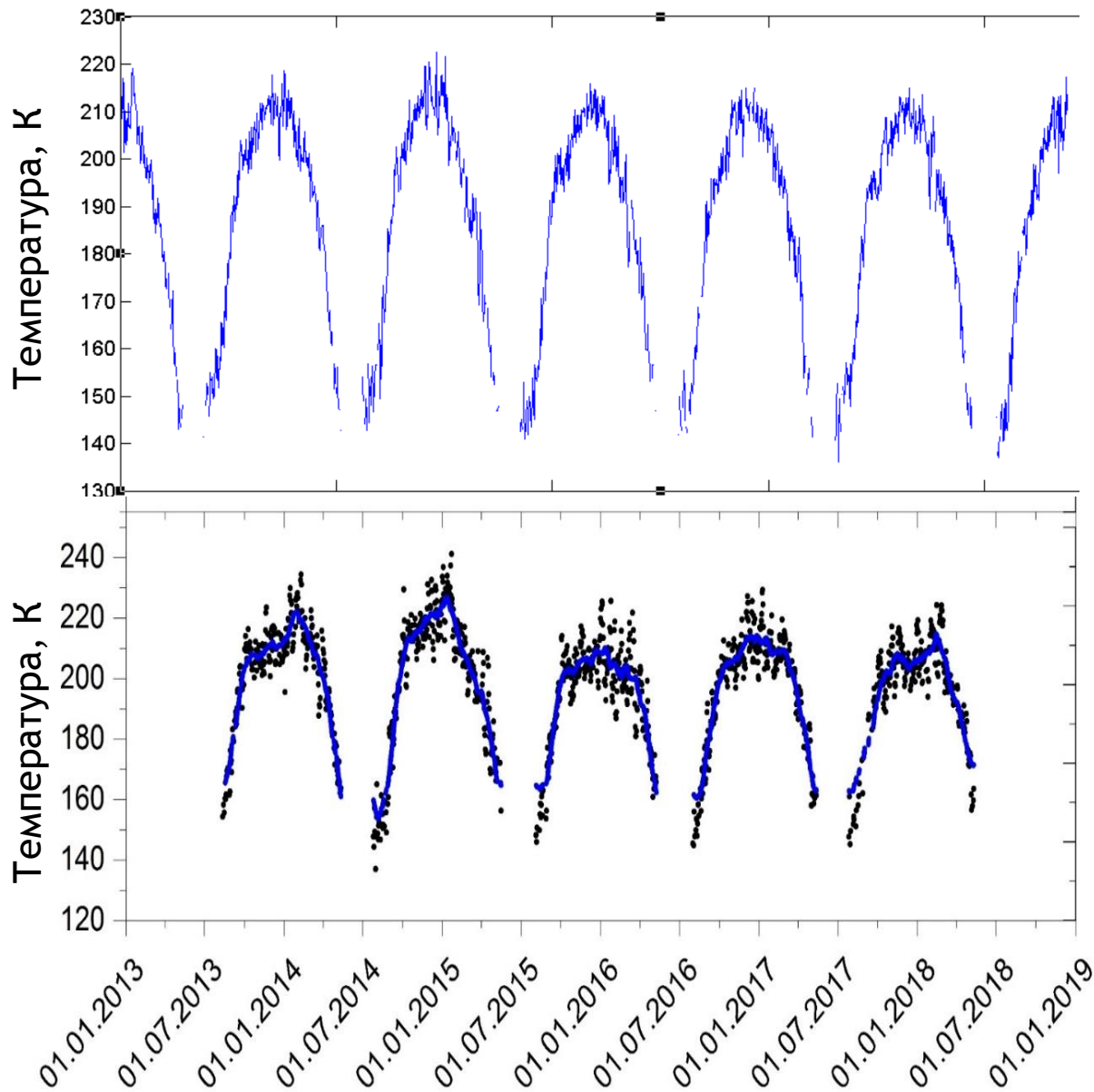


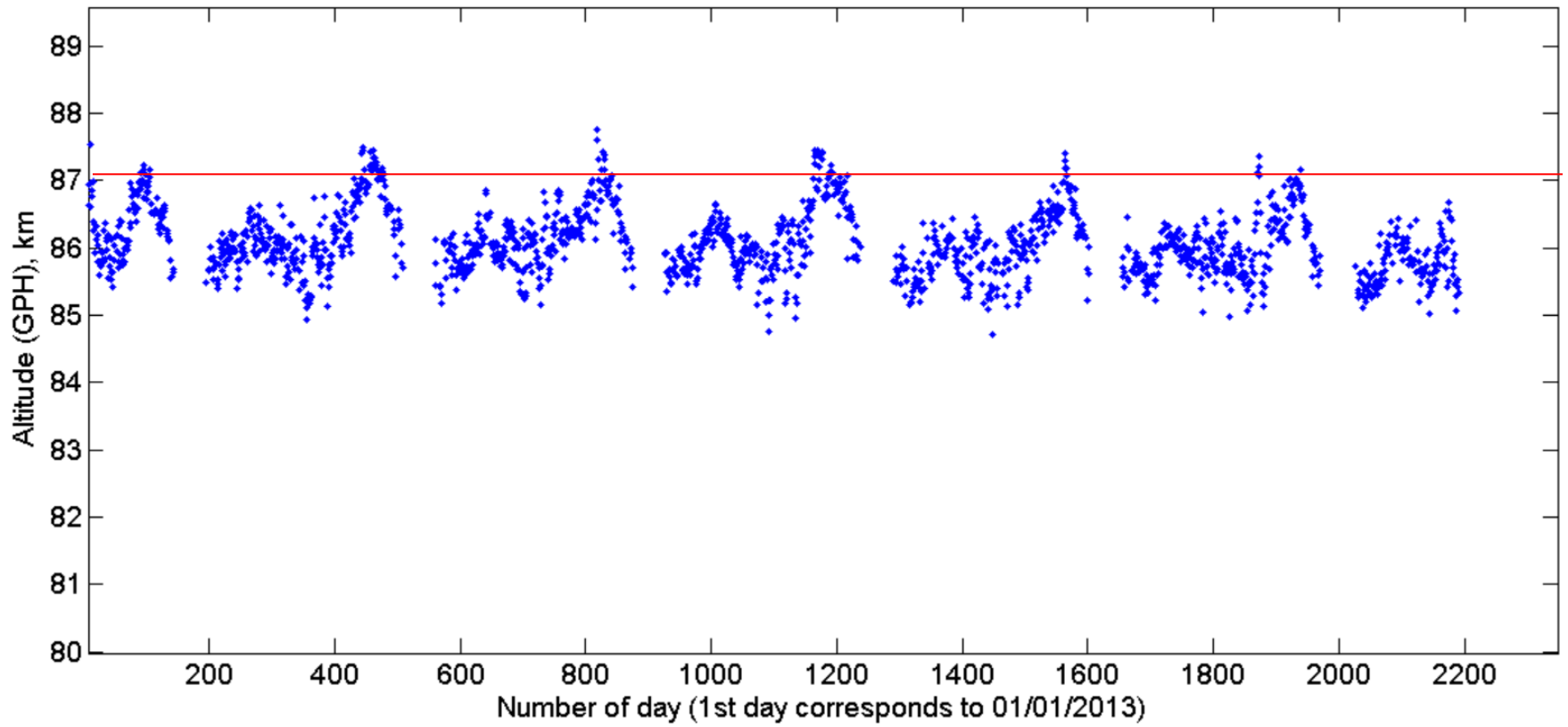
Вариации температуры обусловленные ВГВ, К



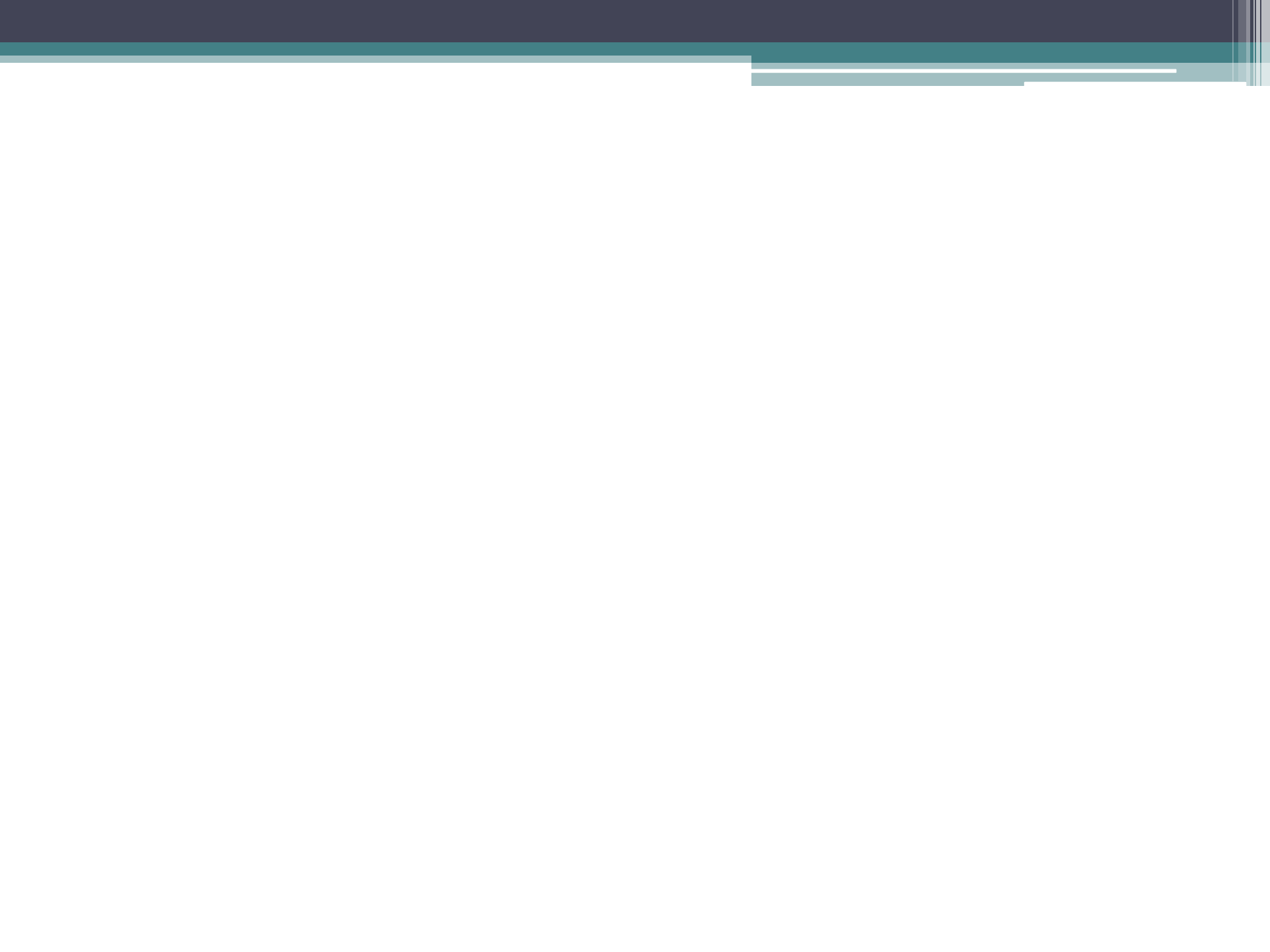


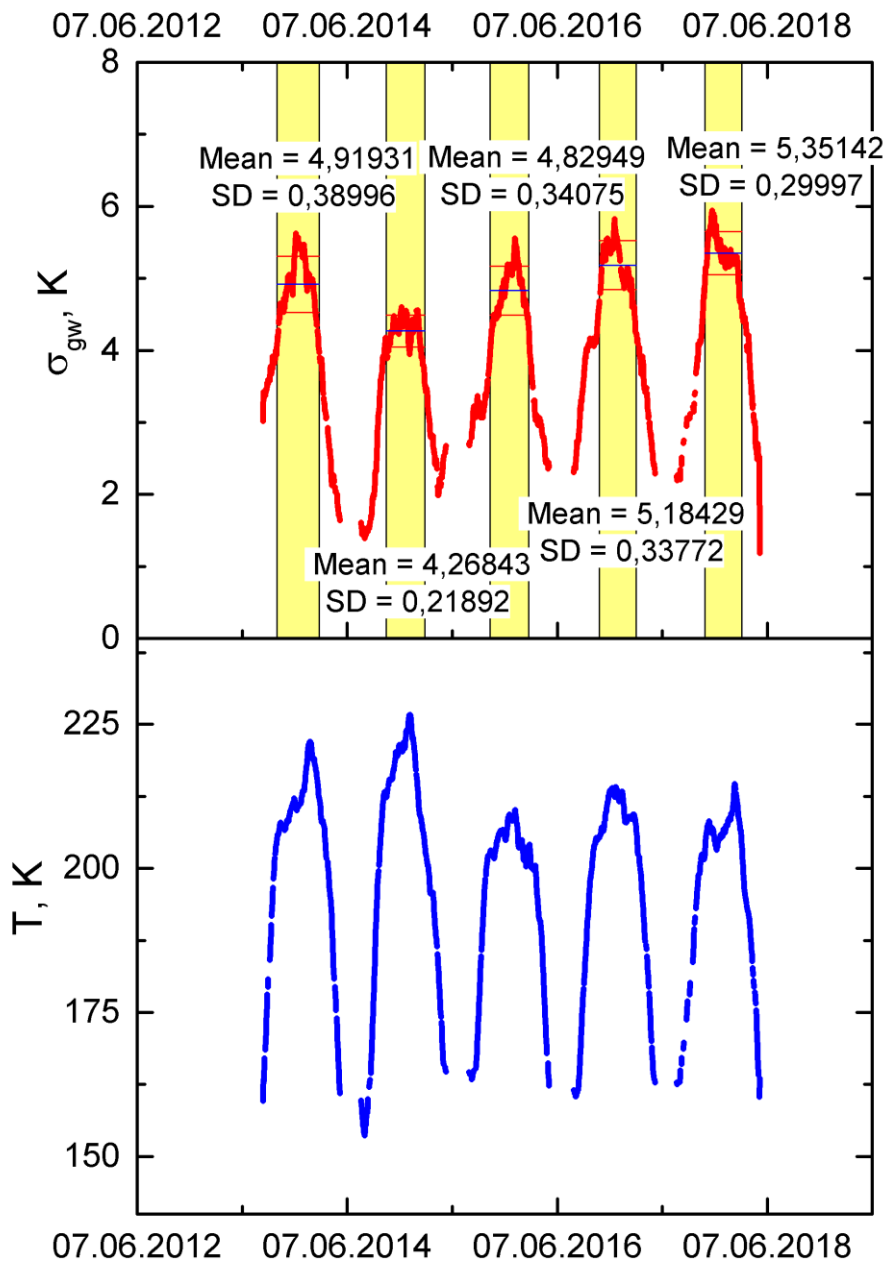






**Спасибо за внимание!**



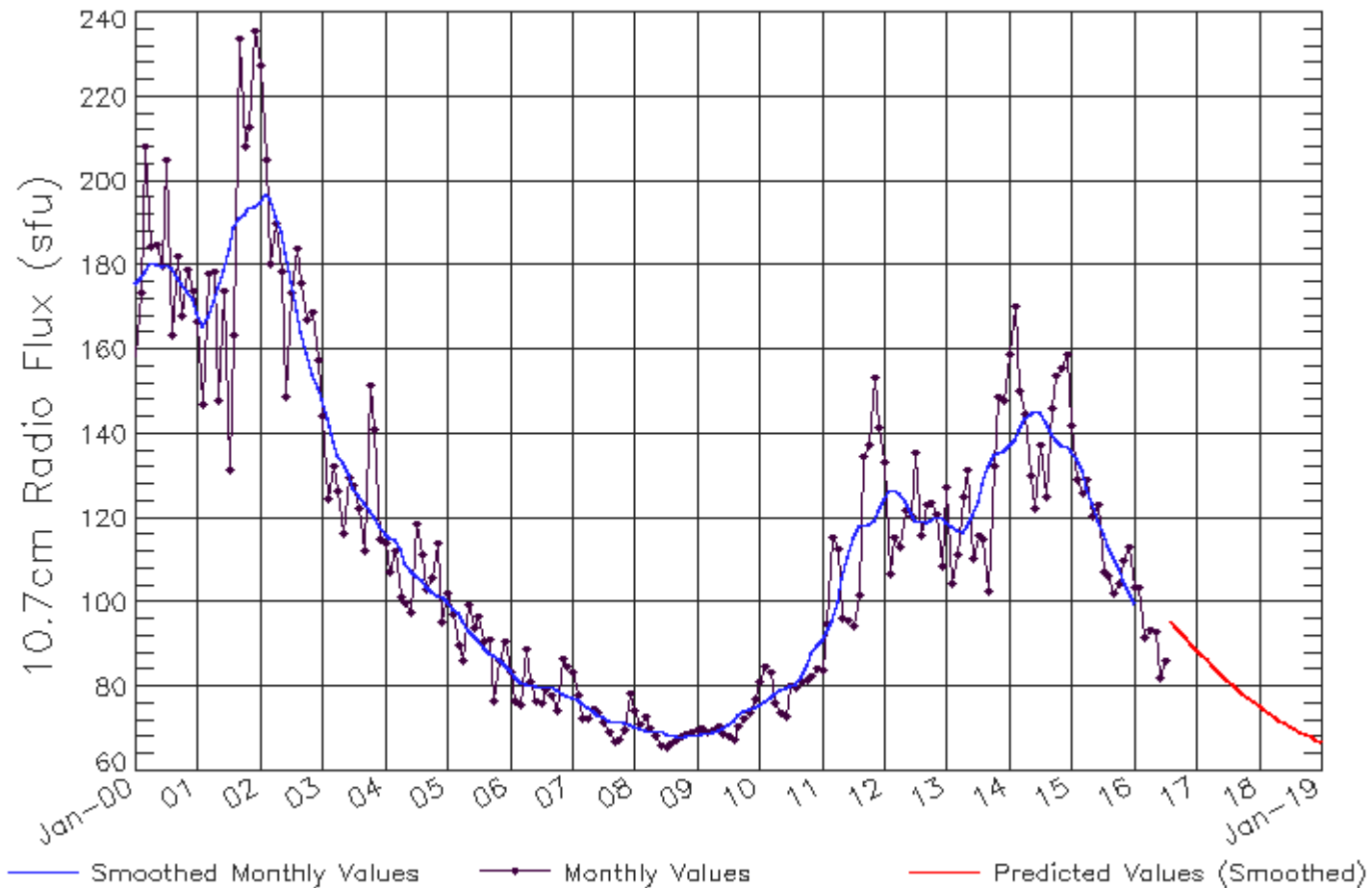






## Солнечная активность (F 10.7)

ISES Solar Cycle F10.7cm Radio Flux Progression  
Observed data through Jul 2016



# Инфракрасный цифровой спектрограф Shamrock

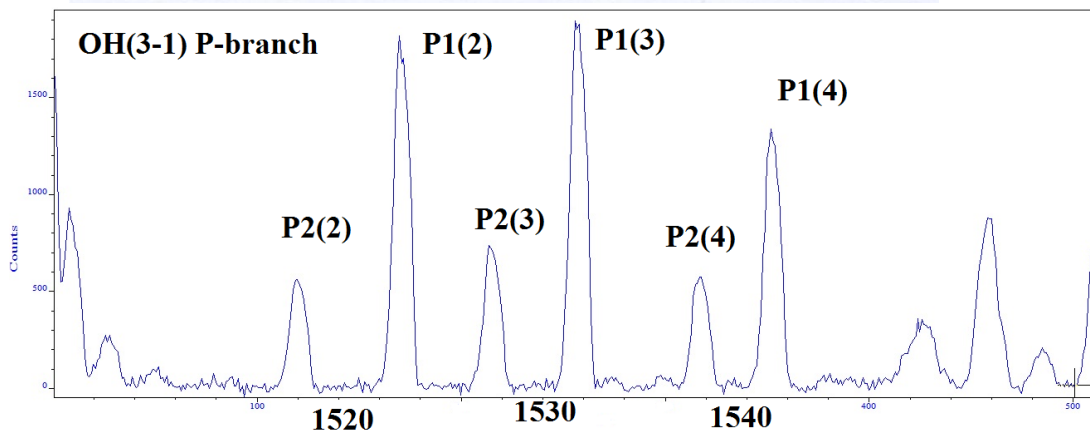


Имеется 2 спектрографа

Рабочая область с квантовой эффективностью регистрирующей камеры  $>85\%$  составляет 1000-1600нм. Спектрограф SR303i регистрирует ОН(3,1). Рабочее охлаждение  $-60^{\circ}\text{C}$ . Угол зрения  $\sim 5^{\circ}$ . Разрешение спектрографа при ширине входной щели 0.2мм равна 0,8 нм. Экспозиция 1 минута.

## Specifications Summary

Active pixels	512
Pixel size (W x H)	25 x 500 $\mu\text{m}$
Pixel well depth (typical)	
High Dynamic Range mode	170 $\text{Me}^{-}$
High Sensitivity mode	5 $\text{Me}^{-}$
Maximum cooling <sup>*1</sup>	$-90^{\circ}\text{C}$
Maximum spectra per sec	193
Read noise (typical)	580 $\text{e}^{-}$
Dark current (typical)	11.7 $\text{ke}^{-}/\text{pixel}/\text{sec}$
Minimum exposure time	1.4 $\mu\text{s}$



## Характеристики спектрографа

Регистрация спектров осуществляется с помощью инфракрасного спектрографа Shamrock SR-303i (Andor), регистрирующего полосу OH(3,1). Спектрограф на станции Маймага был установлен 17.01.2013. Прибор регистрирует ночное небо, при угле погружения Солнца  $>9^\circ$ .



Рабочий диапазон длин волн 1490 - 1544 нм.

Угол зрения -  $\sim 14^\circ$

Рабочая температура охлаждения камеры выставлена на  $-50^\circ\text{C}$

Точность -  $\sim 2\text{ K}$

Время экспозиции - 60 сек

Автономный режим работы

# Метод обработки данных

- Метод оценки вращательной температуры молекулярных эмиссий основан на подгонке модельных спектров, построенных с учетом аппаратной функции прибора для различных заранее заданных температур, к реально измеренному спектру.
- При оценке вращательной температуры по полосе гидроксила были использованы вероятности перехода, рассчитанные в работе Mies [1974].
- Осуществляется выборка данных соответствующих  $\frac{\text{сигнал}}{\text{шум}} > 20$  (каждый кадр )
- Для исключения акустических волн из рассмотрения проведено усреднение данных с шагом 3 мин

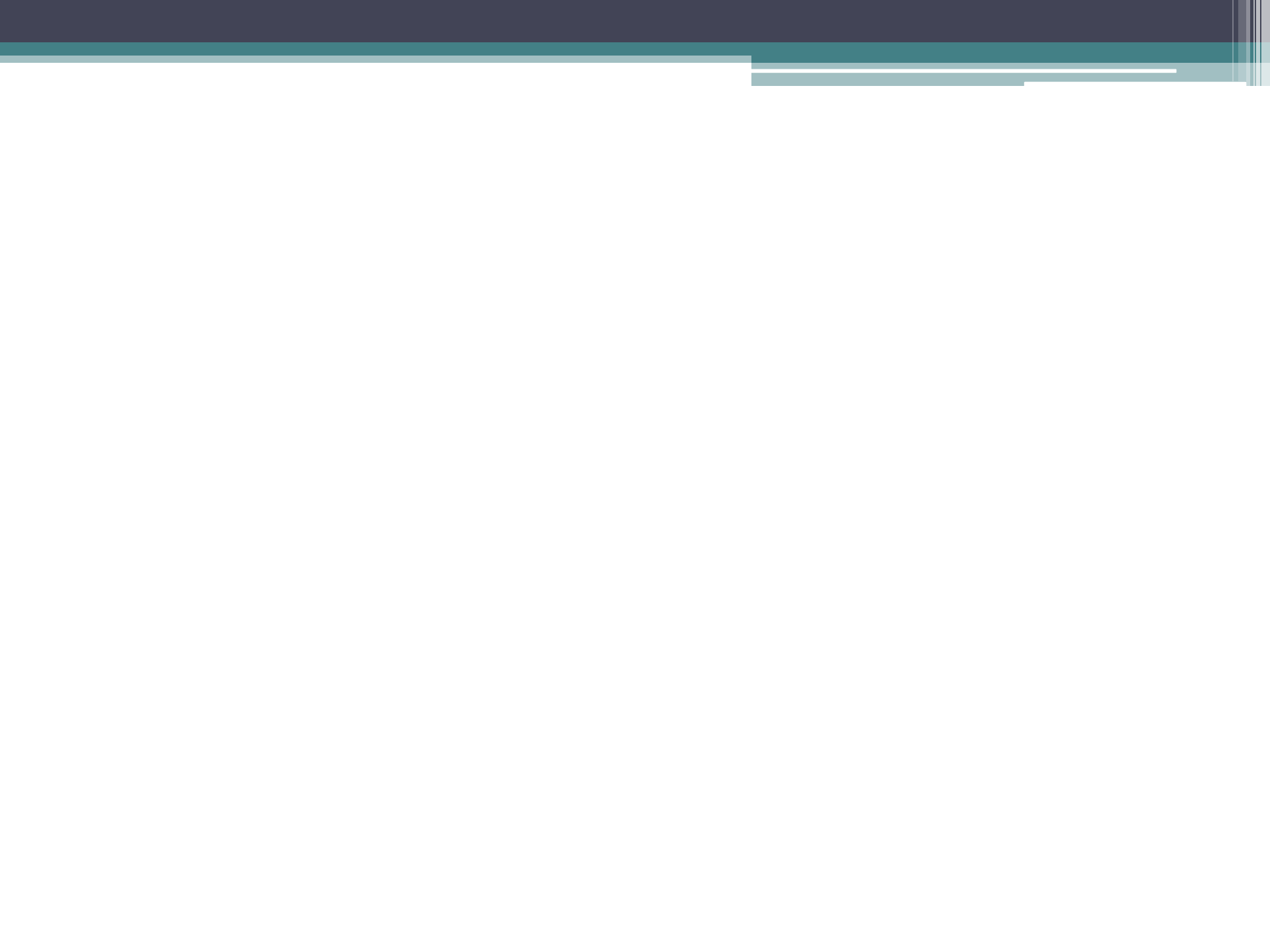
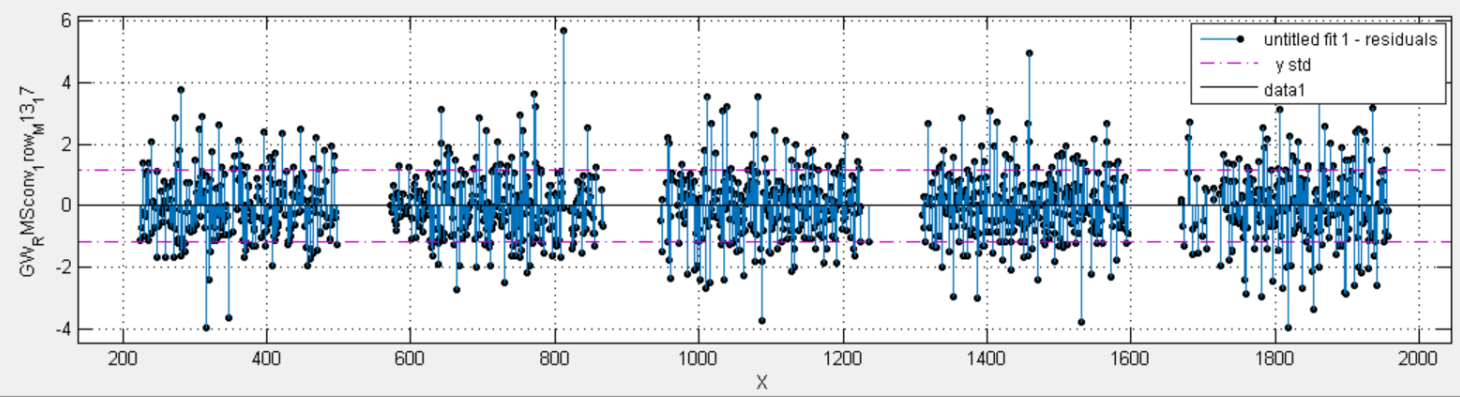
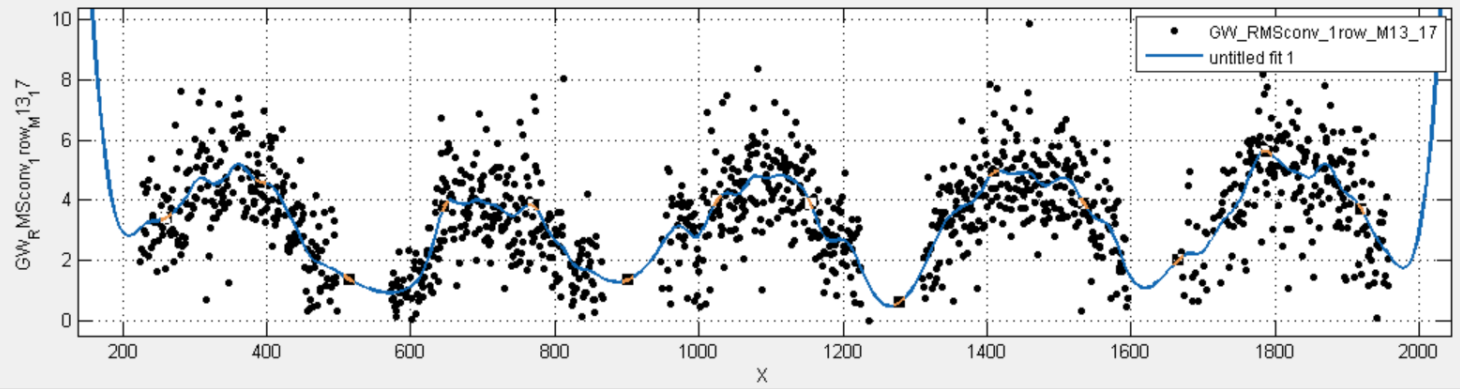


Figure 1

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help



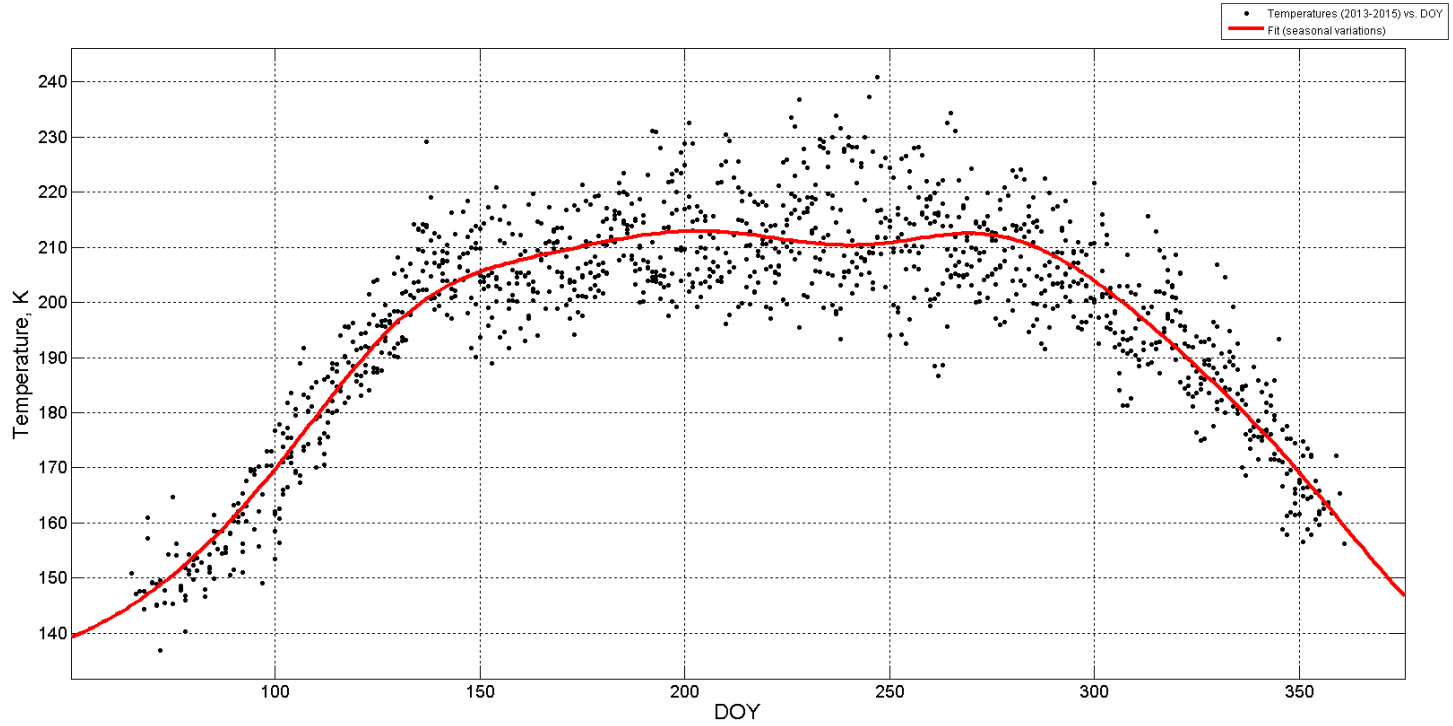


Figures - Figure 2

File Edit View Insert Tools Debug Desktop Window Help



Figure 2



Property Editor



Curve Fitting Tool - FitGodovoyHod

File Fit View Tools Desktop Window Help

untitled fit 1

Fit name: untitled fit 1

X data: t32

Y data: TEMPR3

Z data: (none)

Weights: (none)

Custom Equation

y = f(x)

= 1 + a2\*cos((2\*3.14/183)\*(x - f2) + a3\*cos

Fit Options...

Auto fit

Fit

Stop

Results

General model:  
 $f(x) = a_0 + a_1 \cos\left(\frac{2 \cdot 3.14}{365} (x - f_1)\right) + a_2 \cos\left(\frac{2 \cdot 3.14}{183} (x - f_2)\right) + a_3 \cos\left(\frac{2 \cdot 3.14}{122} (x - f_3)\right)$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

a0 = 185.3 (184.7, 185.9)  
a1 = 37.17 (35.98, 38.37)  
a2 = 11.24 (10.41, 12.08)  
a3 = 0.2319 (0.1214, 0.3424)  
f1 = -143.9 (-145.2, -142.5)  
f2 = -51.4 (-53.11, -49.7)  
f3 = 40.31 (31.05, 49.56)

Goodness of fit:

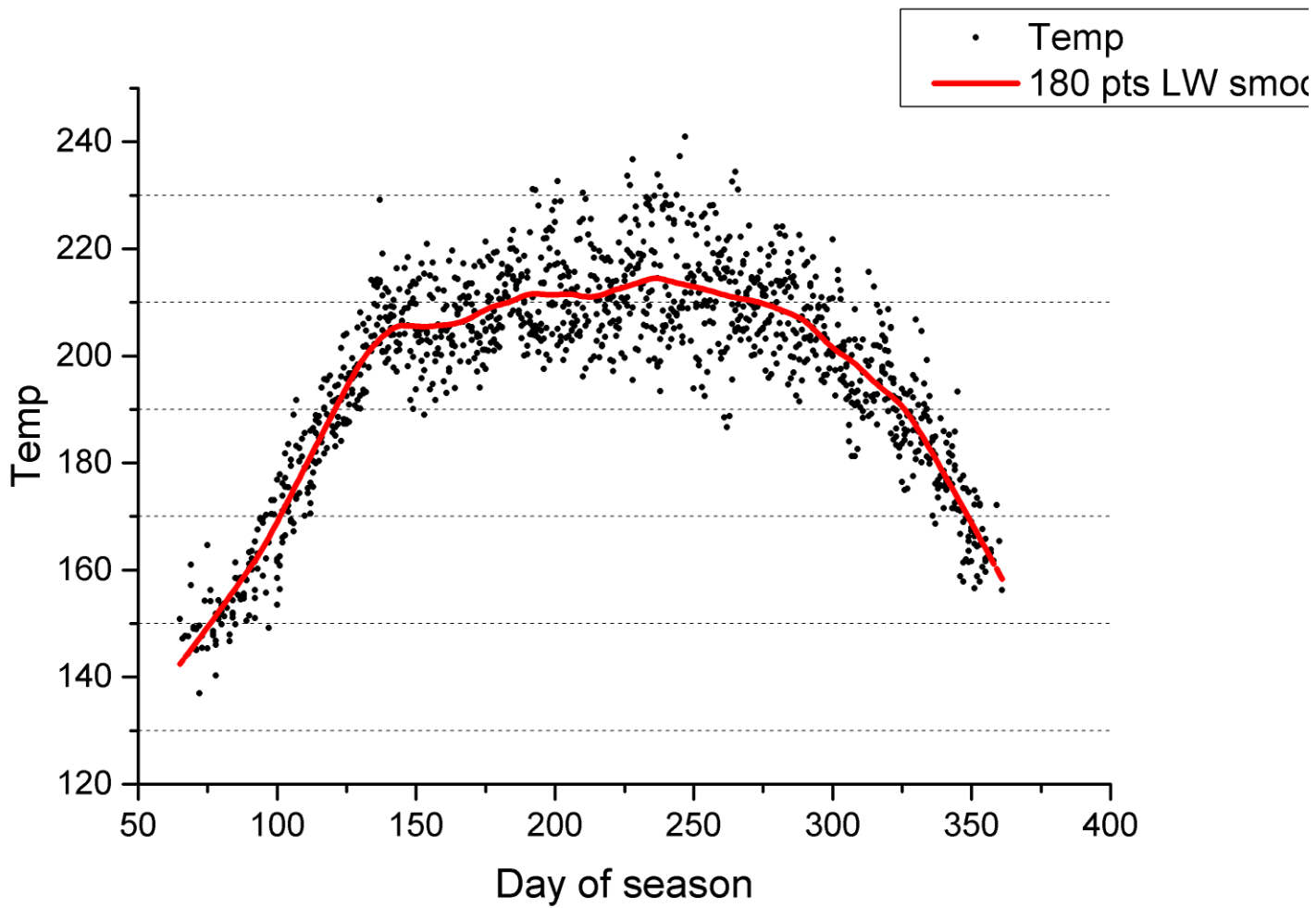
Table of Fits

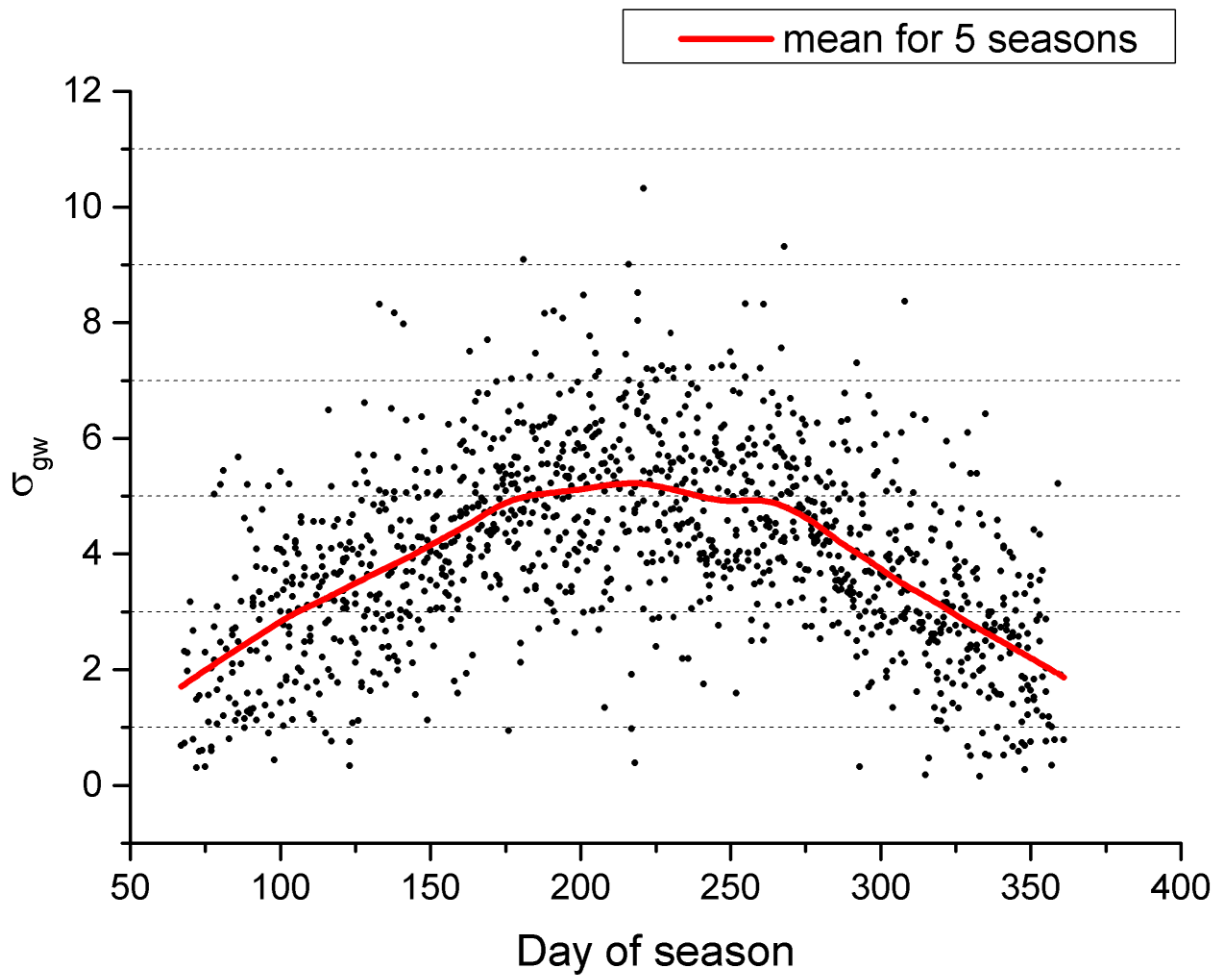
Fit name	Data	Fit type	SSE	R-square	DFE	Adj R-sq	RMSE	# Coeff	Validation Data	Validation SSE	Validation RMSE
untitled fit 1	TEMPR3 vs. t32	a0 + a1*cos((2*3.14/183)*(x - f2) + a3*cos	7.7105e+04	0.8313	1242	0.8305	7.8792	7			

Введите здесь текст для поиска

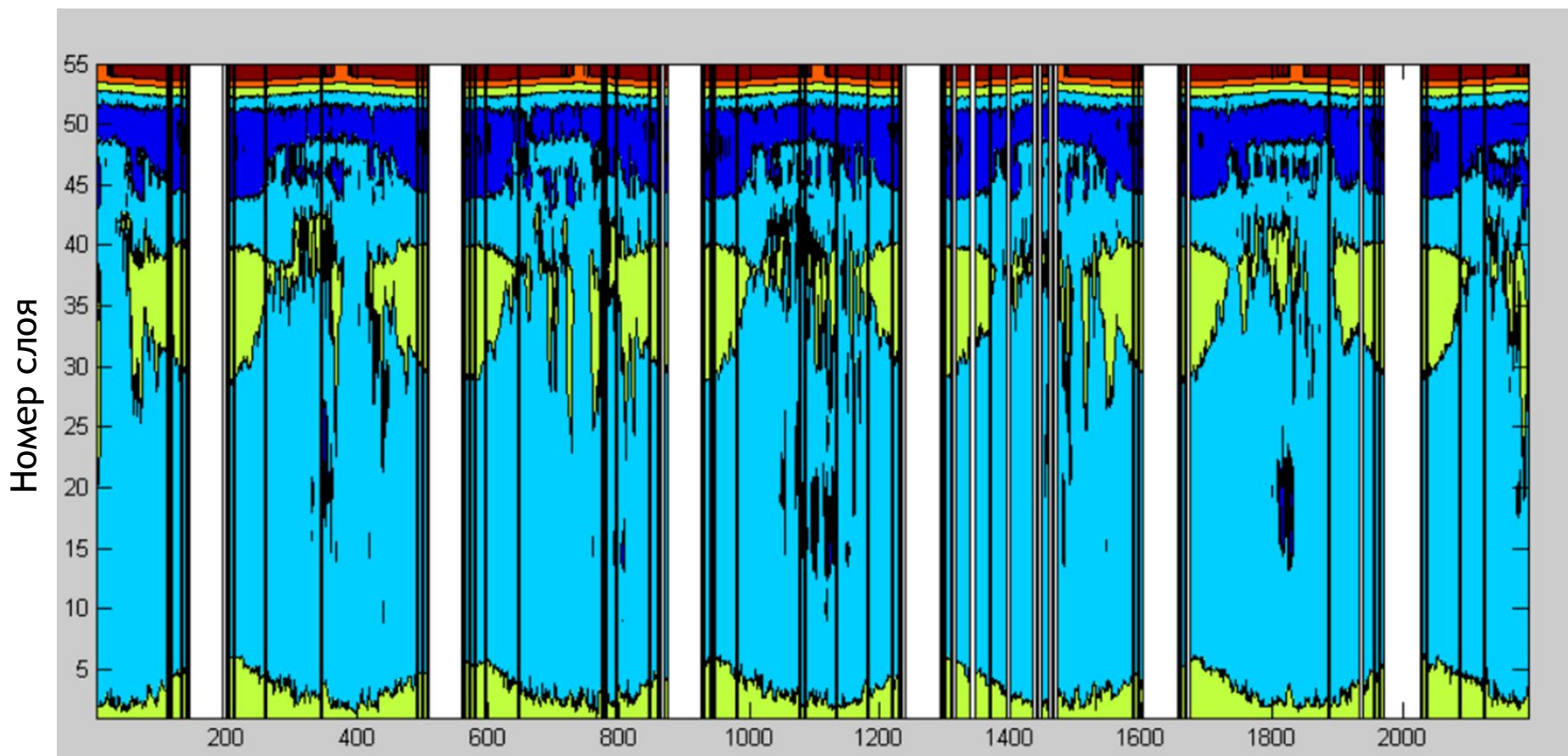
14:32  
17.09.2019

C





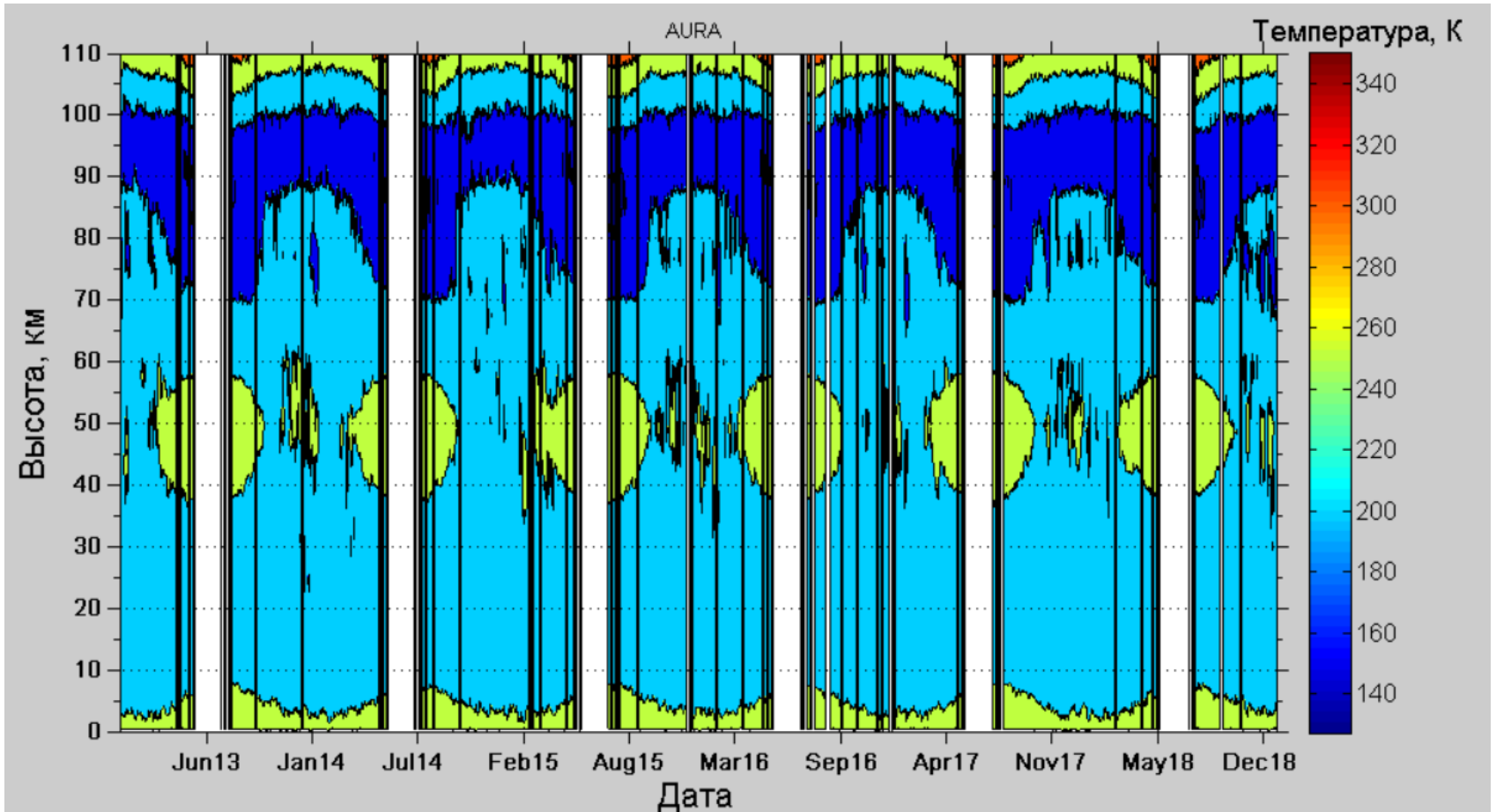
## T, над Маймагой



Номер дня (1 номер соответствует 01.01.2013)

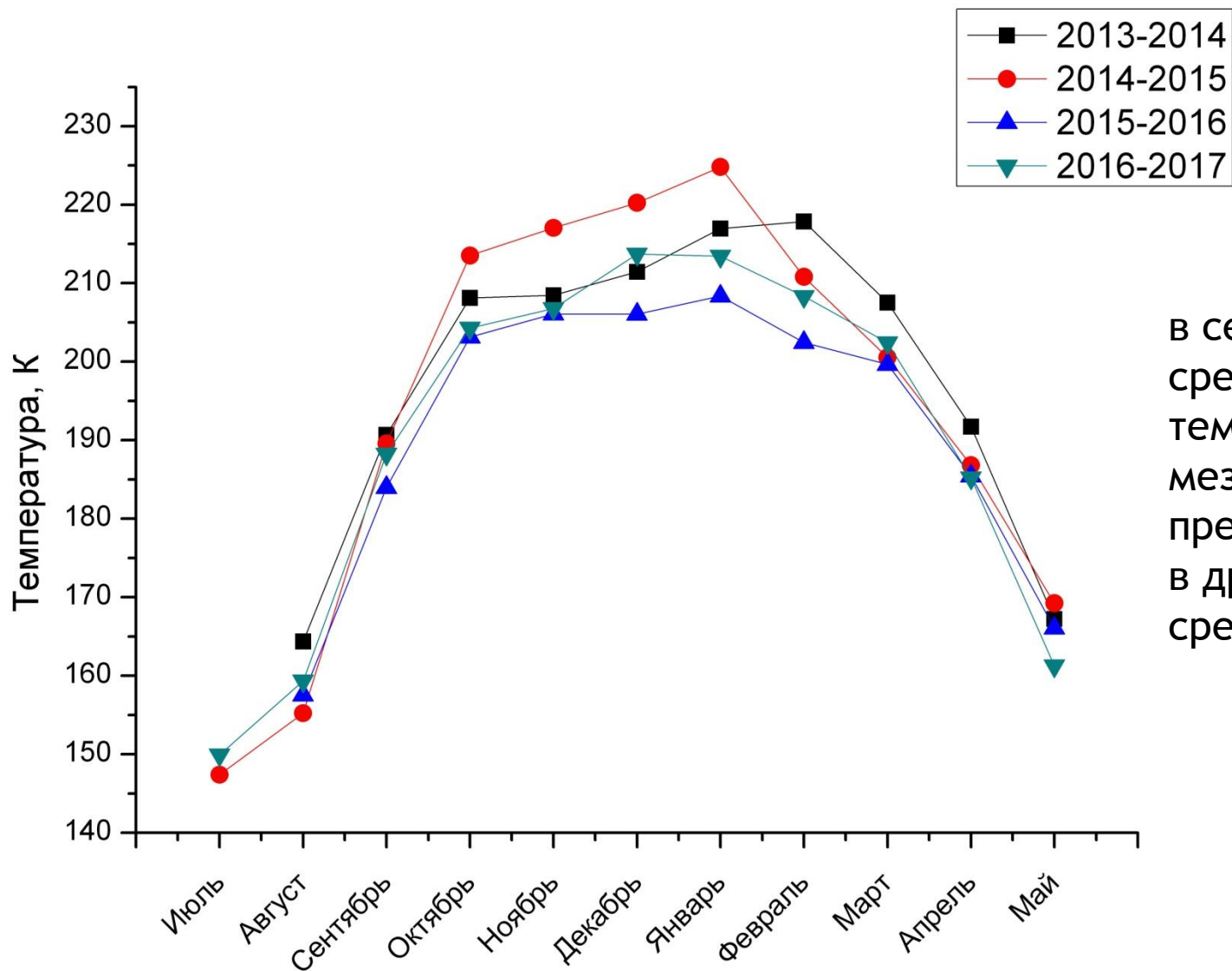
# Результаты

$T_{BG}$ , над Маймагой



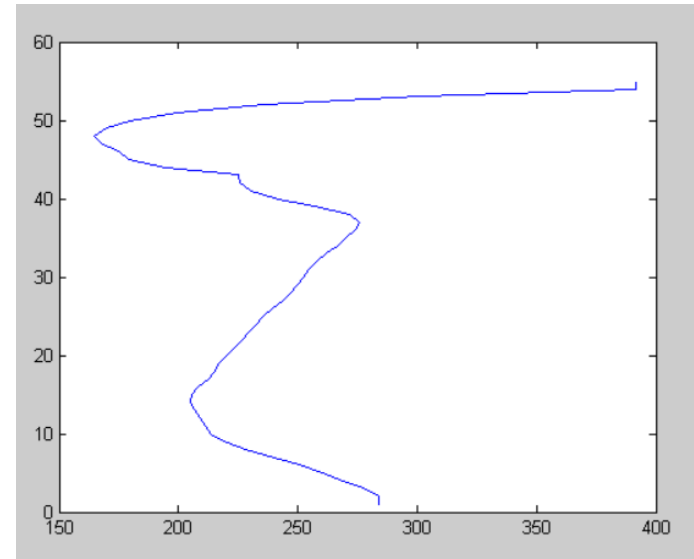
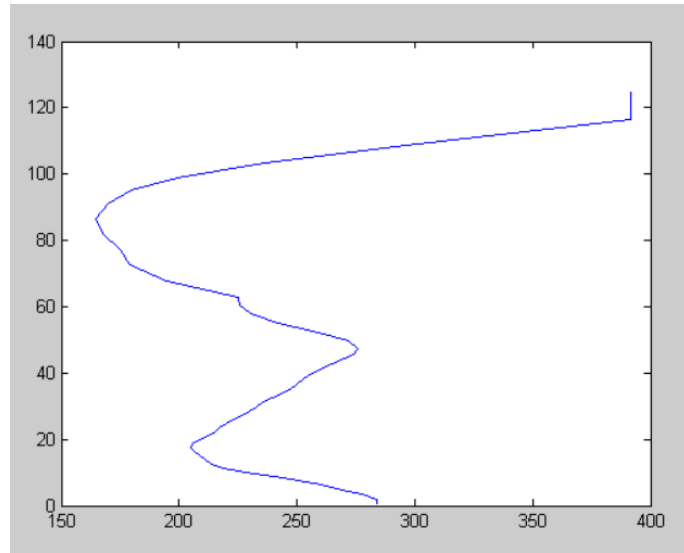


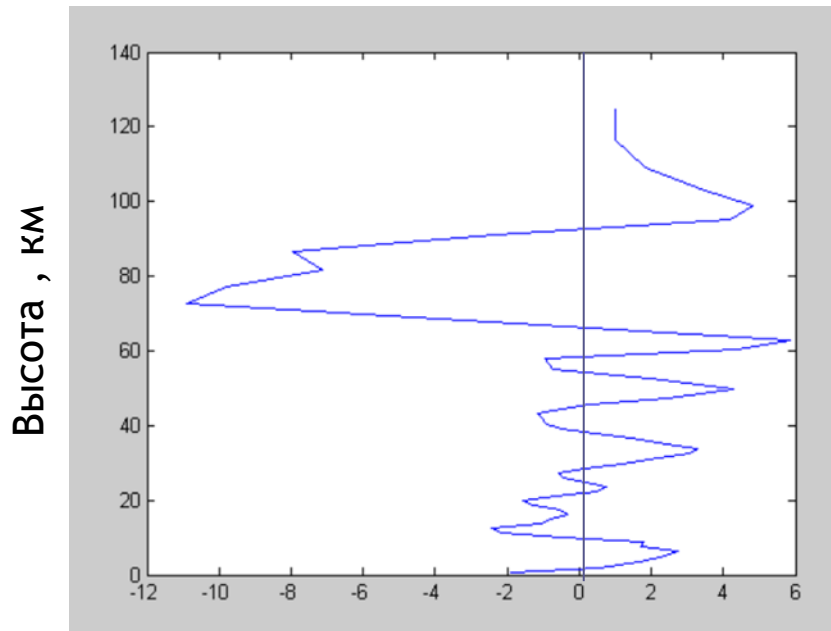
## Среднемесячные вращательные температуры



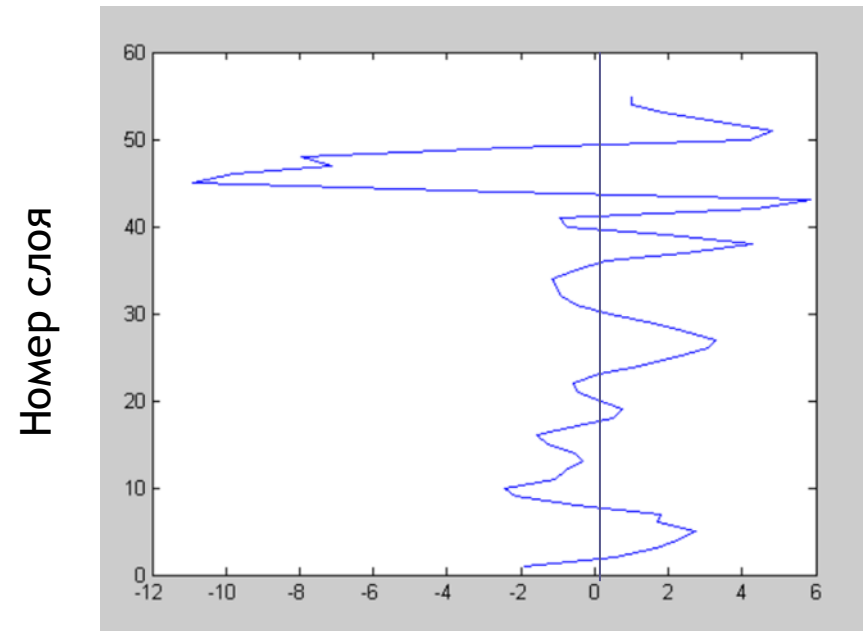
←

в сезон 2014-2015  
среднемесячные  
температуры зимней  
мезопаузы  
превышают значения  
в другие сезоны в  
среднем на 8.3 К



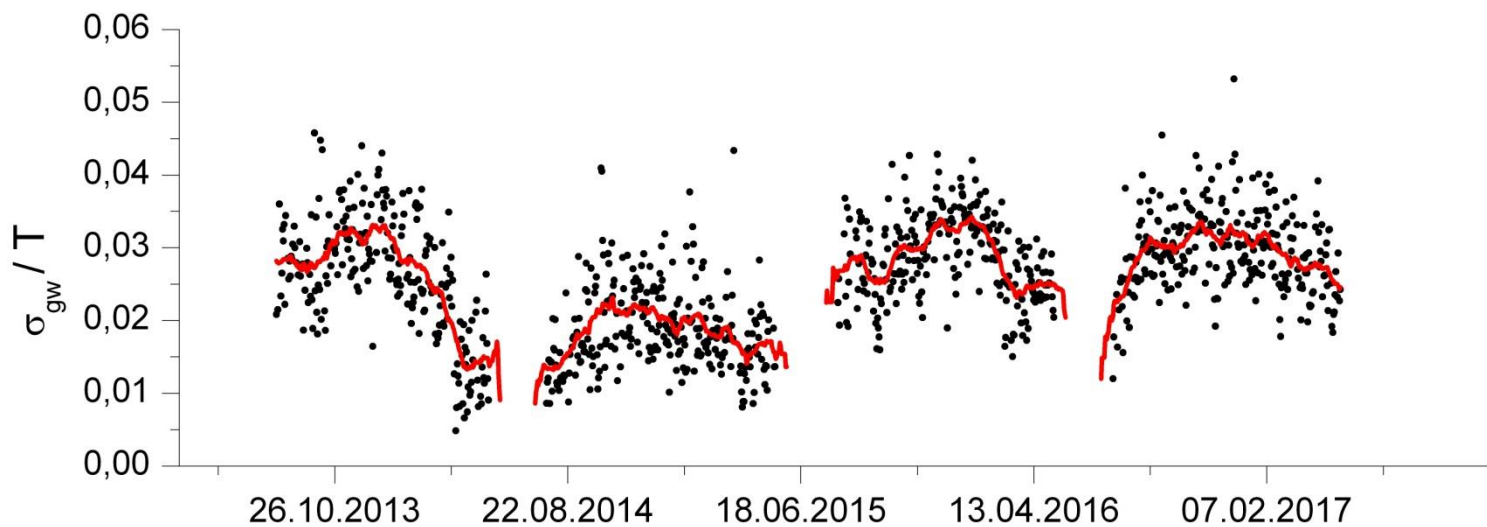
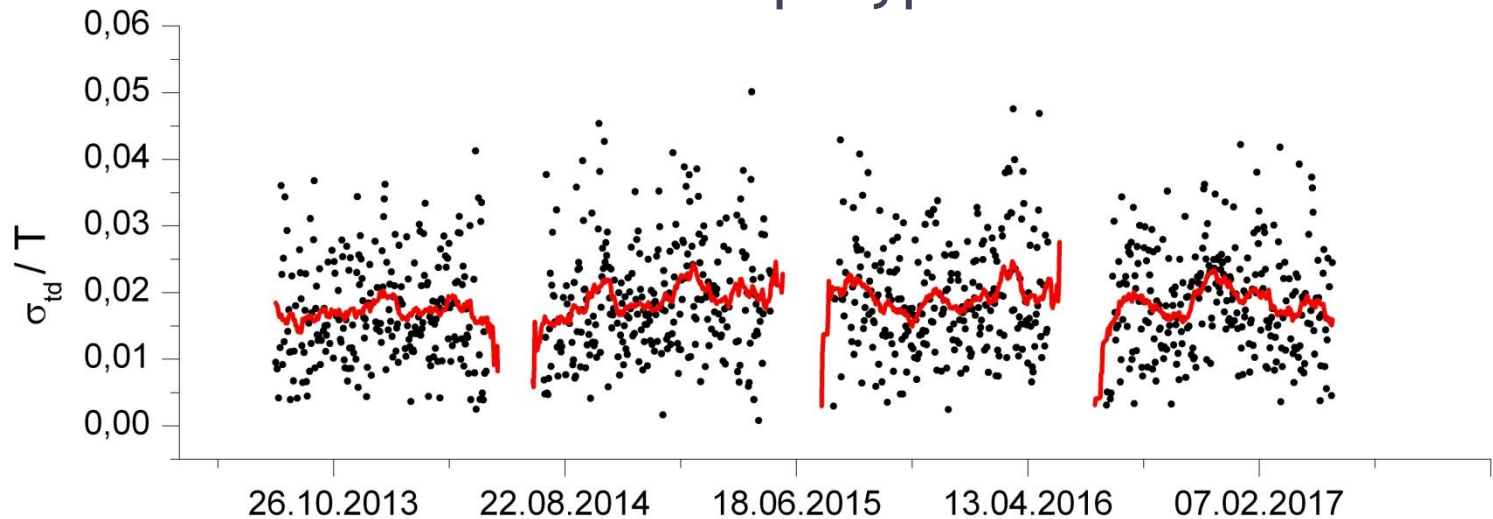


Температура, К

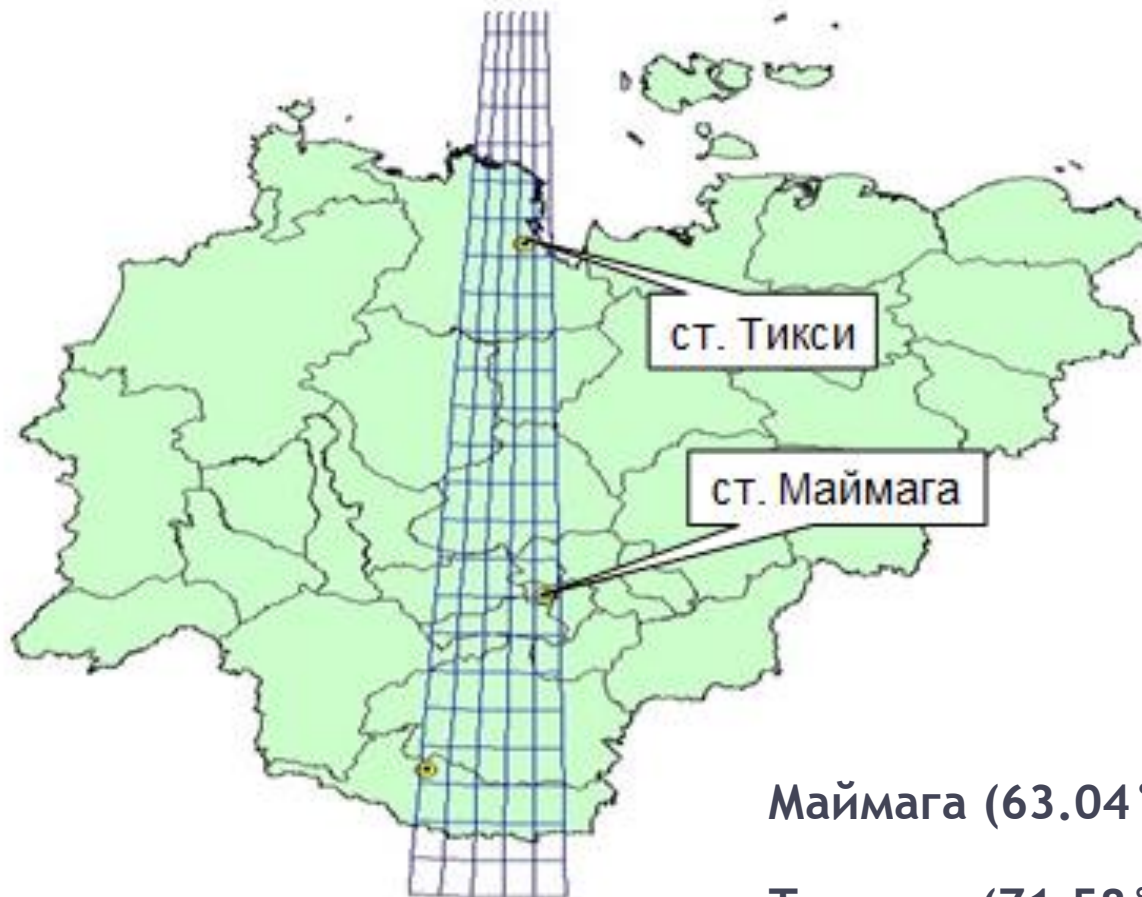


Температура, К

# Относительные стандартные отклонения температуры



## Расположение станций Маймага и Тикси

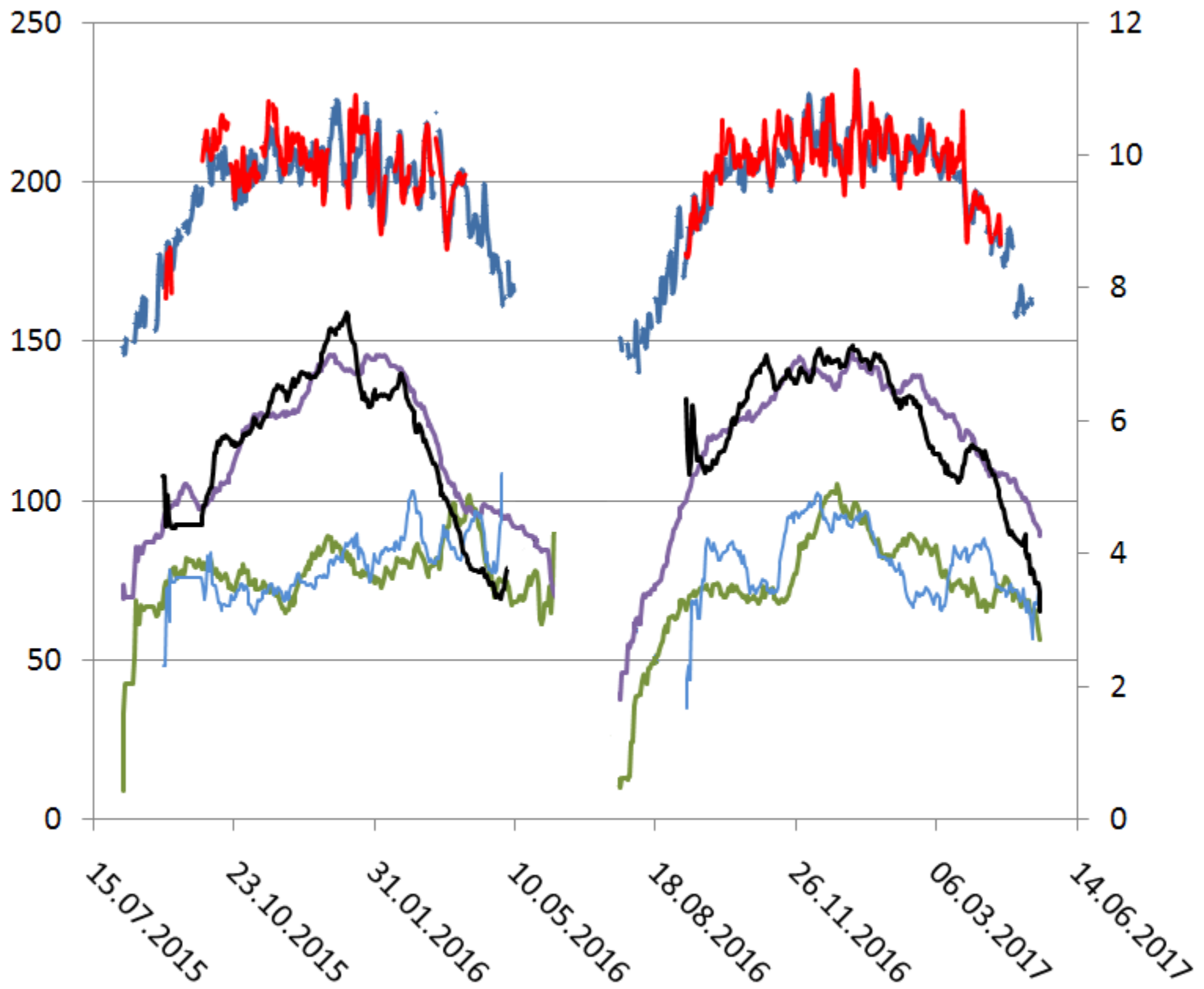


Маймага ( $63.04^{\circ}$  N,  $129.51^{\circ}$  E)

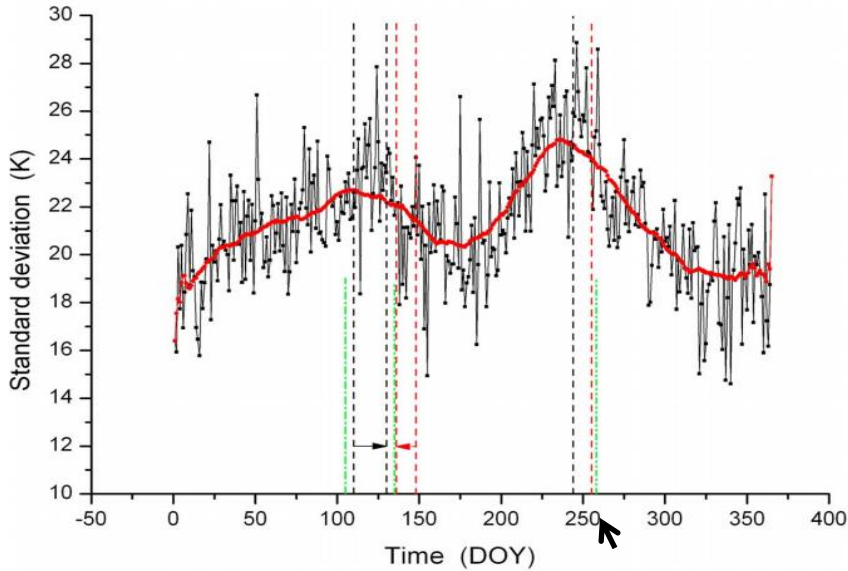
Тикси ( $71.58^{\circ}$  N,  $128.77^{\circ}$  E)

## Выводы:

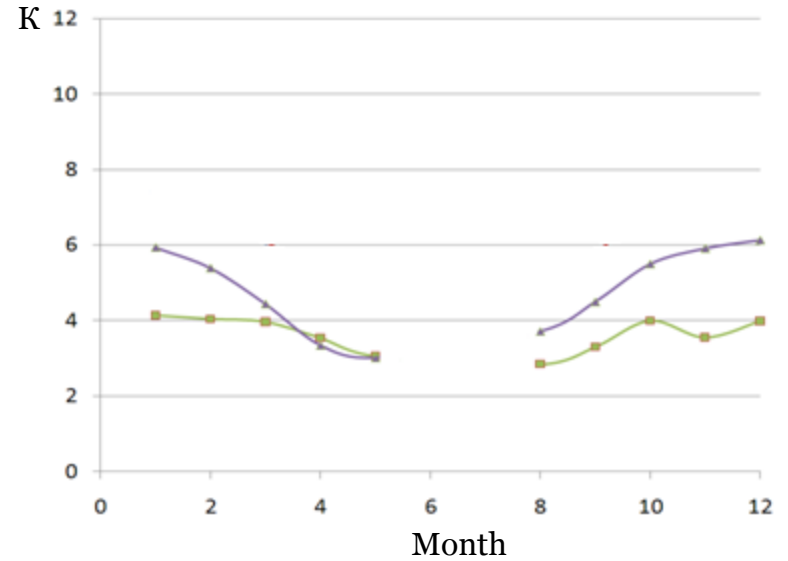
1. Исследованы данные температуры области мезопаузы, полученные за период 2013-2018 гг. на станции Маймага ( $63.04^{\circ}\text{N}$ ,  $129.51^{\circ}\text{E}$ ).
2. В зимний период сезона наблюдений 2014-2015 характеристика активности внутренних гравитационных волн (ВГВ)  $\sigma_{\text{gw}}$  имеет более низкие значения, а температура области мезопаузы превышает аналогичные значения в другие сезоны.
3. Для сопоставления приведены спутниковые данные температурных профилей полученные EOS MLS (Aura).
4. После выделения и вычитания вклада гравитационной составляющей из температурных профилей EOS MLS для области над станцией Маймага заметно отличие в зимней стратопause сезона 2014-2015. В этот сезон зимняя стратопause имеет более низкие температуры, чем в остальные сезоны/



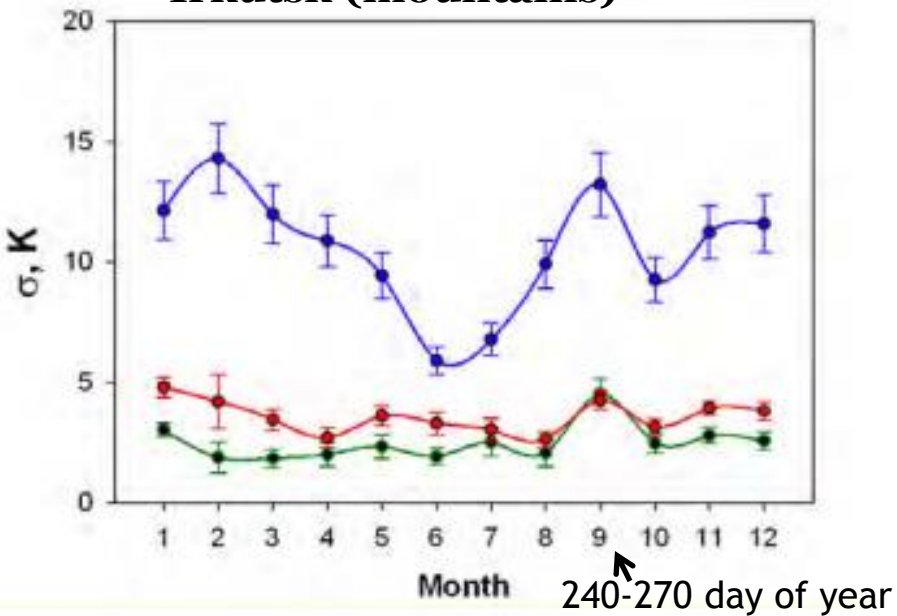
### Germany (mountains)



### Maimaga (open field)



### Irkutsk (mountains)



### Zvenigorod (open field)

